

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/018196

International filing date: 07 December 2004 (07.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-413513
Filing date: 11 December 2003 (11.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 04 February 2005 (04.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

PCT/JP 2004/018196

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

08.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 1 2 月 1 1 日
Date of Application:

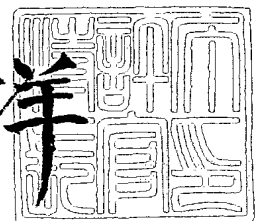
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 4 1 3 5 1 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 4 1 3 5 1 3]

出 願 人 農工大ティー・エル・オー株式会社
Applicant(s):

2 0 0 5 年 1 月 2 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 1 2 3 1 3 8

【書類名】 特許願
【整理番号】 T0471SP02
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 21/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都小金井市中町 2 - 2 4 - 1 6 東京農工大学工学部内
 【氏名】 高木 康博
【特許出願人】
 【識別番号】 801000072
 【氏名又は名称】 農工大ティー・エル・オー株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100079108
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 稲葉 良幸
【選任した代理人】
 【識別番号】 100080953
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 田中 克郎
【選任した代理人】
 【識別番号】 100093861
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 大賀 眞司
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 011903
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1

【書類名】特許請求の範囲**【請求項 1】**

凹凸部を備える第一のモールドを用いて、基板上のレジスト膜にパターンを形成する方法であって、

- (1) 前記第一のモールドを所定の温度まで加熱しながら又は所定の温度に加熱した後、前記第一のモールドの凹凸部の形状を前記レジスト膜に転写するように、前記第一のモールドを前記レジスト膜に押圧する押圧工程と、
- (2) 前記第一のモールドを前記レジスト膜から剥離する剥離工程と、
- (3) 前記基板の表面が露出するように、前記レジスト膜をエッチングするエッチング工程と、

を備える方法。

【請求項 2】

前記押圧工程において、前記凹部の底部が、前記レジスト膜の表面との接触を回避するように実行される、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記第一のモールドの硬度は、前記レジスト膜の硬度よりも高い、請求項 1 または 2 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 4】

前記押圧工程において、前記第一のモールドの所定の温度は、前記レジスト膜のガラス転移温度と同じ又はその前後の温度である、請求項 1 ないし 3 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 5】

前記第一のモールドはシリコンを含む、又は該シリコンをマスターとして電鋳により形成されたモールドである、請求項 1 ないし 4 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記レジスト膜は熱可塑性樹脂を含む、請求項 1 ないし 5 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 7】

前記エッチング工程は、リアクティブイオンエッチングにより実行される、請求項 1 ないし 6 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 8】

前記第一のモールドにより、前記基板上のレジスト膜に形成されるべきパターンに粗密がある場合、前記第一のモールドの凸部で押圧される領域が多い場合には、前記レジスト膜の厚さを、前記第一のモールドの凸部で押圧される領域が少ない場合における前記レジスト膜の厚さよりも薄くするように、第二のモールドを用いて前記レジスト膜を予め押圧する前処理工程を、さらに備える、請求項 1 ないし 7 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記前処理工程において、前記第二のモールドを所定の温度まで加熱しながら又は所定の温度に加熱した後、前記レジスト膜へ押圧する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第二のモールドの硬度は、前記レジスト膜の硬度よりも高い、請求項 8 または 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記前処理工程において、前記第二のモールドの所定の温度は、前記レジスト膜のガラス転移温度と同じ又はその前後の温度である、請求項 8 ないし 10 のうち何れか一項に記載の方法。

【請求項 12】

前記第二のモールドはシリコンを含む、又は該シリコンをマスターとして電鋳により形成されたモールドである、請求項 8 ないし 11 のうち何れか一項に記載の方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】ナノインプリントを利用するパターン形成方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、微細パターン形成技術に係り、より詳細には、半導体装置におけるパターンニング形成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年のIT技術の進歩により、ネットワーク技術、ソフトウェア技術、及びデバイス技術のさらなる進展が要請されている。そのため、とりわけ、半導体装置については、微細化の一段の加速による高速動作、低消費電力動作、システムLSIと称される機能の統合化などの一層高度な技術が求められている。かかる状況下、半導体装置の製造における中心的技術であるリソグラフィ技術は微細化がさらに進展するにつれて、当該技術に必要とされる装置が高価になってきている。

【0003】

半導体製造に際して、100nm（ナノメートル）以下の半導体構造のパターニングと量産性を兼備する技術の一例として、ナノインプリント技術が存在している（たとえば、特許文献1参照）。この技術では、ナノサイズを有するパターンモールドを形成し、該モールドを、加熱したレジスト膜に押圧することにより、レジストに微細パターンを形成する技術である。

【0004】

図1は、従来技術におけるナノインプリントによる微細パターン形成の各工程を説明する概略断面図を示す。図1(a)に示すように、ウェーハ10上に、ポリメチルメタクリレートなどのパターン形成用レジスト12を塗布し、一方、モールド台16にモールド14を配設する。次いで、図1(b)に示すように、前記モールド14をレジスト12へ押圧することにより、モールド14がその表面に有する凹凸部のパターンを、レジスト12へ転写する。この転写の際に、不図示であるが、ウェーハ10を約200℃まで加熱することによりレジスト12をも加熱し、前記レジスト12を軟化させながらモールド14をレジスト12に押圧する。その後、押圧状態を保持したままウェーハの温度を冷却させることにより、モールド14の凹凸パターンをレジスト12へ転写し、前記モールド台16を上方へ移動させる。そして、図1(c)に示すように、レジスト12の膜厚がモールド14の凸部の高さよりも大きい場合、異方性のあるリアクティブイオンエッチング（図1中ではRIEで示す）でレジスト膜12へエッチングを施し、レジストパターンの凹部でウェーハ10の表面を表出させる。その後、レジスト膜をマスクとしてエッチングを行う、あるいは、A1等を蒸着してリフトオフし、配線に利用する。

【0005】

かかるパターン形成方法は、レジストにパターン形成する際に熱を加えてモールドを押圧し、その後、冷却することから、熱サイクルナノインプリントリソグラフィと呼ばれる。この方法では、25nm以下程度のパターンニングを一括して形成することができるという点で、ナノインプリント技術は非常に有用であることが知られている。

【特許文献1】米国特許第5,772,905号

【0006】

しかしながら、従来のナノインプリント法では、ウェーハ及びそのウェーハ上のレジスト膜の昇温、冷却を繰り返すため、レジスト上にパターン形成するのに多大な時間を要するという問題点がある。具体的には、図1に示す従来技術の方法では、パターン形成のために、約2時間を要するとの報告がある。さらに、かかる熱サイクルナノインプリントリソグラフィ法では半導体製造全体のスループットの低下、温度差による転写パターン寸法変化及び精度の低下、熱膨張による装置のアライメントの低下などの問題が招来する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明では、かかる事情に鑑み、熱サイクルナノインプリントリソグラフィ法に伴う問題点を解決した、パターン形成方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者は、ナノインプリント技術について鋭意検討した結果、モールドを加熱しながら、基板としてのウェーハ上のレジスト膜に押圧することにより、前述の問題点が解決できるという知見を得て、本発明を完成するに至った。

【0009】

すなわち、上記目的は、凹凸部を備える第一のモールドを用いて、基板上のレジスト膜にパターンを形成する方法であって、（１）前記第一のモールドを所定の温度まで加熱しながら又は所定の温度に加熱した後、前記第一のモールドの凹凸部の形状を前記レジスト膜に転写するように、前記第一のモールドを前記レジスト膜に押圧する押圧工程と（２）前記第一のモールドを前記レジスト膜から剥離する剥離工程と、（３）前記基板の表面が露出するように、前記レジスト膜をエッチングするエッチング工程と、を備える方法により達成される。

【0010】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記押圧工程において、前記凹部の底部が、前記レジスト膜の表面との接触を回避するように実行されることを特徴とする。

【0011】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記第一のモールドの硬度は、前記レジスト膜の硬度よりも高いことを特徴とする。

【0012】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記押圧工程において、前記第一のモールドの所定の温度は、前記レジスト膜のガラス転移温度と同じ又はその前後の温度であること特徴とする。

【0013】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記第一のモールドはシリコンを含む、又は該シリコンをマスターとして電鍍により形成されたモールドであることを特徴とする。

【0014】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記レジスト膜は熱可塑性樹脂を含むことを特徴とする。

【0015】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記エッチング工程は、リアクティブイオンエッチングにより実行されることを特徴とする。

【0016】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記第一のモールドにより、前記基板上のレジスト膜に形成されるべきパターンに粗密がある場合、前記第一のモールドの凸部で押圧される領域が多い場合には、前記レジスト膜の厚さを、前記第一のモールドの凸部で押圧される領域が少ない場合における前記レジスト膜の厚さよりも薄くするように、第二のモールドを用いて前記レジスト膜を予め押圧する前処理工程を、さらに備えることを特徴とする。

【0017】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記前処理工程における前記第二のモールドを所定の温度まで加熱しながら又は所定の温度に加熱した後、前記レジスト膜へ押圧することを特徴とする。

【0018】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記第二のモールドの硬度は、前記レジスト膜の硬度よりも高いことを特徴とする。

【0019】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記前処理工程において、前記第二のモールドの所定の温度は、前記レジスト膜のガラス転移温度と同じ又はその前後の温度であることを特徴とする。

【0020】

本発明の好ましい態様によれば、前記方法にて、前記第二のモールドはシリコンを含む、又は該シリコンをマスターとして電鍍により形成されたモールドであることを特徴とする。

【0021】

なお、本明細書で用いる用語「ナノレベル」とは、 $1\mu\text{m}$ 以下のサイズであって、1ナノメートル（10億分の1メートル）以上のレベルを意味する。また、本明細書で用いる用語「レジスト膜のガラス転移温度と同じ又はその前後の温度」とは、レジスト膜が軟化するのに十分な温度を意味する。

【発明の効果】

【0022】

本発明に係るパターン形成方法によれば、従来のパターン形成方法に要する時間と対比すると、極めて短時間に、基板上のレジスト膜にナノレベルのパターン形成の転写が実現される。具体的には、数秒の単位で、1回の転写が可能となる。

【0023】

さらに、本発明に係るパターン形成方法によれば、一枚の基板上に形成すべきパターンに粗密がある場合には、予め基板上のレジスト膜に、パターンの粗密に応じて、レジスト膜の膜厚を調整するという前処理を施すことにより、一枚の基板上のレジストパターンに粗密がある、ナノレベルのパターン形成の転写が可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、本発明の好適な実施の形態を、図面を参照しながら詳細に説明するが、本発明は下記の実施態様に何等限定されるものではない。本発明は、その要旨を逸脱しない限り、さまざまな形態で実施することができる。

（第一の実施態様）

図2は、本発明に係るパターン形成方法の第一の実施態様を説明するための各工程の概略断面図を示す。図2の工程（a）に示すように、まず、基板20上に、フィルム状のレジスト膜12を形成する一方で、モールド台16に、所定の凹凸部を備える、パターン形成用モールド14を配する。

【0025】

本発明に用いる基板20としては、表面が平滑性のある、半導体、金属材料又は高分子材料から構成される薄板状のものであればよく、好ましくはシリコン基板20である。他方、前記基板20上に形成されるレジスト膜12としては、高分子材料を含むものであればよく、後述する熱を利用する転写技術の観点から、熱可塑性樹脂を含有する材料であることが好ましい。具体的な熱可塑性樹脂としては、以下のものに限定されないが、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリ（メタ）アクリレート又はポリ塩化ビニルなどの付加重合反応で生成するポリマーや、ポリエステル、ポリアミド、ポリカーボネート又はポリウレタンなどの重縮合反応により生成するポリマー等が挙げられる。また、これらのポリマーを単独又は組み合わせて、レジスト材料に用いることもできる。

【0026】

図2（a）に図示するように、基板20上にレジスト膜12を形成する方法としては、以下の方法に限定されないが、前記高分子材料を適当な溶媒に溶解若しくは分散させた溶液を、前記基板20上にスピンコートする方法が挙げられる。

【0027】

本発明に用いる、パターン形成用モールド14としては、所定の凹凸部を具備するように、異方性エッチングにより製造したシリコン製モールドや、該シリコン製モールドをマ

スターとして電鍍により製造したモールド、たとえば、銅若しくはニッケル又はこれらの合金製のモールド等を挙げることができる。かかるモールドの製造方法については、たとえば、特開平5-287577号に開示されているように、当業者ならば容易に理解できる。なお、後述する転写工程をより効率的に行うためには、モールド14の硬度が、前記レジスト膜12の硬度よりも高いことが好ましい。これは、モールド14の押圧の際に、より容易にモールド14がレジスト膜12に入り込み易くするためである。

【0028】

図2(a)に図示するように、前記モールド14を所定の温度に加熱しながら又は所定の温度に加熱した後で、後述する転写工程を行う。その際、前記モールド14の所定の温度は、前記レジスト膜12が軟化し得る温度であることが好ましい。具体的には、前記モールド14を加熱した際の所定の温度は、レジスト膜12を構成する高分子材料に応じて適宜設定可能であり、前記高分子材料のガラス転移温度と同じ又はその前後の温度であることが好適である。たとえば、レジスト膜12にポリメチルメタクリレートを用いた場合には、そのガラス転移温度が約72℃であることから、かかる温度又はその前後の温度に前記モールドを加熱することが好ましい。また、レジスト膜にポリカーボネートを用いた場合には、そのガラス転移温度が約150℃であることから、かかる温度又はその前後の温度に前記モールド14を加熱することが好ましい。なお、前記モールド14の加熱は、当業者には容易に理解できるように、不図示の加熱手段により実行可能である。加熱手段の具体例としては、セラミックヒータ等を挙げることができ、本加熱手段により前記モールド14へ付与される温度の範囲は、前述のとおり、レジスト膜のガラス転移温度又はその前後の温度であることが好ましい。

【0029】

図2の工程(b)に示すように、前記モールド14を、基板20上に形成されたレジスト膜12のガラス転移温度若しくはその前後の温度に加熱しながら又は加熱したのち、前記モールド14を、レジスト膜12の表面から接触するように、レジスト膜12に押圧する。ここで、モールド14をレジスト膜12に押圧する際に、前記モールド14が有する凹部の底部22が前記レジスト膜の表面との接触を回避することが好ましい。かかる回避により、前記底部22がレジスト表面に押圧されることに起因した、前記モールド14の剥離不良が解消するという利点をもたらされる。

【0030】

前述したように、前記モールド14はレジスト膜12のガラス転移温度又はそれ以上の温度に加熱されていることから、図2(b)に図示する、レジスト膜12に対する前記モールド14は、基板20の表面に向かって容易に進行する。

【0031】

図2の工程(c)に図示するように、工程(b)における前記モールド14のレジスト膜12への押圧後、前記モールド14を前記レジスト膜12から上方向に向かって剥離する。かかる方法により、レジスト膜12上に、所定のパターンが形成される。この際、モールド14自体が熱を有しているためレジスト膜自体も加熱されるが、前記モールド14の押圧後に、レジスト膜12から前記モールド14が剥離されるので、レジスト膜12は急速に冷却されることになる。

【0032】

このようにして、凹凸部を備えるモールドの形状をレジスト膜に押圧し、前記レジスト膜を変形させることにより、前記凹凸部に沿った形状をレジスト膜に転写することが可能となる。

【0033】

次いで、図2の工程(d)にて、基板20上に残存するレジスト膜26を、エッチングにより除去して、基板20の表面を表出させる。残存する膜のエッチングの具体例としては、図2の工程(d)に示す酸素リアクティブイオンエッチングや、化学薬品を用いた湿式エッチングを利用することができる。

(第二の実施態様)

図3は、本発明に係るパターン形成方法の第二の実施態様を説明するための各工程の概略断面図を示す。図3に示す本発明に係るパターン形成方法は、一つの基板上に、最終的に形成すべきパターンに粗密があるとき、パターン形成を精度よく行うための方法である。

【0034】

本発明に係る第二の実施態様では、前記第一のモールドの凸部で押圧される領域が多い場合には、前記レジスト膜の厚さを、前記第一のモールドの凸部で押圧される領域が少ない場合における前記レジスト膜の厚さよりも薄くするように、前処理を行うことを特徴とする。かかる膜厚の調整を図ることにより、前記の第一の実施態様に先立ち、予め形成すべきパターンの粗密に応じたレジスト膜の調整工程を行う。

【0035】

なお、ここで、形成すべきパターンに粗密がある場合とは、すなわち、モールドが凸部を一定間隔で規則的に備えていない場合であって、その凸部の数が相対的に密に存在するとき、形成すべきパターンは密となる。他方、モールドの凸部の数が相対的に粗に存在するとき、形成すべきパターンは粗となる。

【0036】

具体的には、図3(a)に示すように、前処理用モールド30を用意する。このモールド30は、後に形成すべきパターンの粗密に応じて、その表面に凹凸部を有するものである。具体的には、形成すべきパターンが粗の領域に対しては、レジスト膜12の膜厚を薄くするように、モールド30の凸部を対応させる一方で、形成すべきパターンが密の領域に対しては、レジスト膜12の膜厚を、前記粗の領域よりも厚くなるように、モールド30の凹部を対応させるように、前記モールド30の表面の凹凸部を設計する。かかるモールド30を用いて、予めレジスト膜12の膜厚を制御し、最終的に形成されるパターンの形状を調整する。

【0037】

かかるモールド30によるレジスト膜12の膜厚を制御する前処理の場合（図3工程(b)参照）、前記モールド30を、レジスト膜12に押圧する。かかる押圧を効率的に行うためには、モールド30の硬度が、前記レジスト膜12の硬度よりも高いことが好ましい。さらに、一層の効率的な押圧を行うためには、前記モールド30を、レジスト膜のガラス転移温度又はその前後の温度に加熱することが好ましい。これにより、モールド30の表面の凹凸形状がレジスト膜12に迅速に転写される。その後、図3(c)に示すように、前記モールド30を前記レジスト膜12から剥離することにより、前記レジスト膜12の膜厚を、後に形成すべきパターンの粗密の領域に応じて制御が可能となる。

【0038】

図3に示す、本発明に係る第二の実施態様のパターン形成方法の説明に戻るが、図3の工程(d)～工程(g)は、図2の工程(a)～工程(d)と同じであるため、図3の工程(d)～工程(g)の説明は省略する。

【0039】

図3にて説明した各工程により、一つの基板上に、形成すべきパターンに粗密がある場合でも、ナノレベルのパターン形成が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図1】図1は、従来技術におけるナノインプリントによる微細パターン形成の各工程を説明する概略断面図を示す。

【図2】図2は、本発明に係るパターン形成方法の第一の実施態様を説明するための各工程の概略断面図を示す。

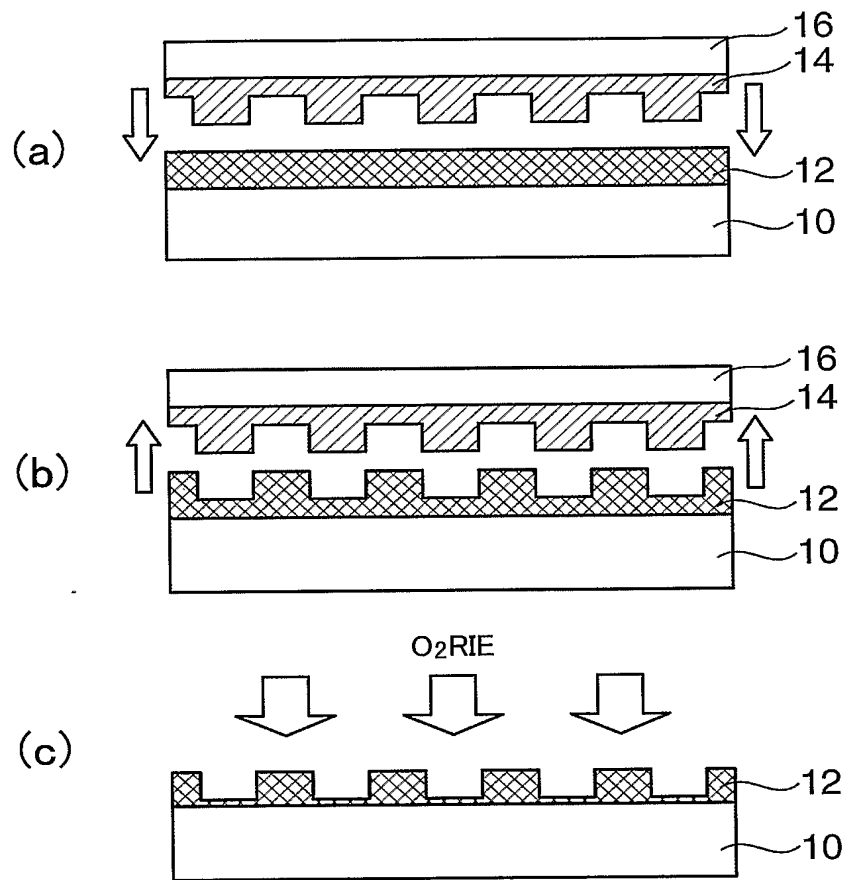
【図3】図3は、本発明に係るパターン形成方法の第二の実施態様を説明するための各工程の概略断面図を示す。なお、図3では、モールドを配設するためのモールド台は省略する。

【符号の説明】

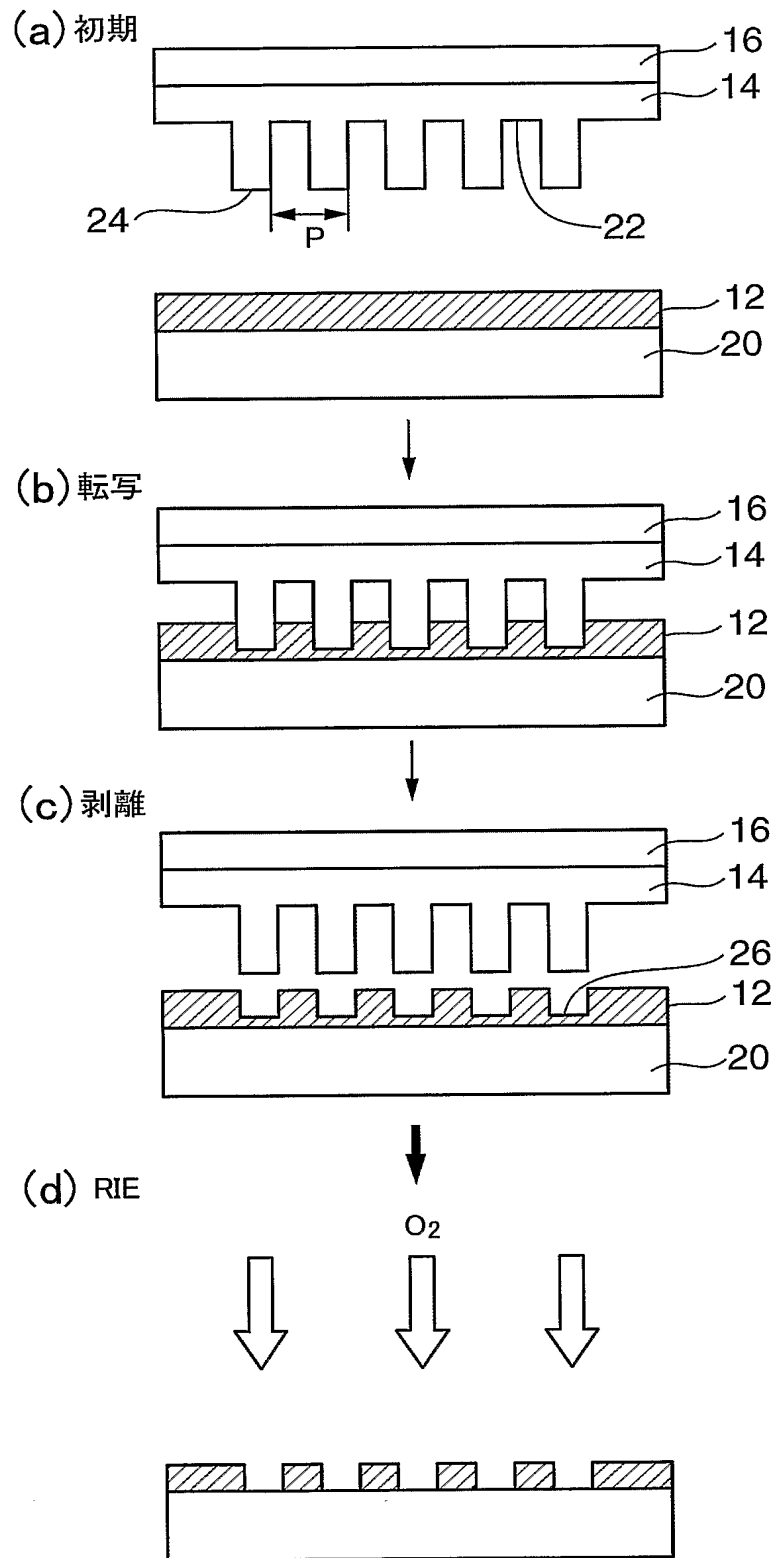
【 0 0 4 1 】 .

1 0 … ウェーハ、 1 2 … レジスト、 レジスト膜、 1 4 … モールド、 1 6 … モールド台、 2
0 … 基板、 2 6 … 残存レジスト膜、 3 0 … レジスト膜調整用モールド、 3 2 … パターン形
成用モールド

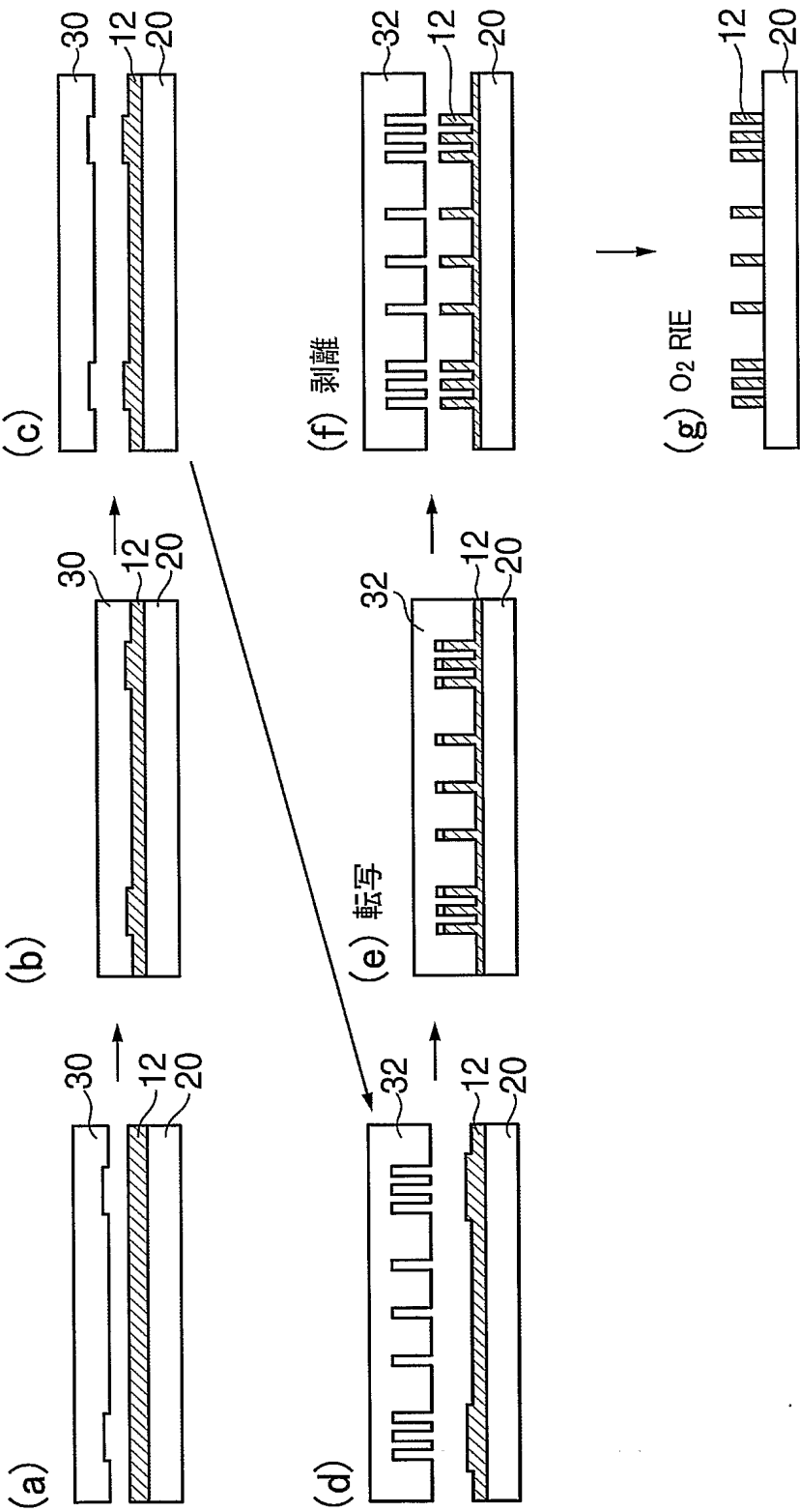
【書類名】 図面
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 熱サイクルナノインプリントリソグラフィー法に伴う問題点を解決した、パターン形成方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、凹凸部を備える第一のモールドを用いて、基板上のレジスト膜にパターンを形成する方法であって、（１）前記第一のモールドを所定の温度まで加熱しながら又は所定の温度に加熱した後、前記第一のモールドの凹凸部の形状を前記レジスト膜に転写するように、前記第一のモールドを前記レジスト膜に押圧する押圧工程と、（２）前記第一のモールドを前記レジスト膜から剥離する剥離工程と、（３）前記基板の表面が露出するように、前記レジスト膜をエッチングするエッチング工程と、を備える方法を開示する。

【選択図】 図 2

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2 0 0 3 - 4 1 3 5 1 3
受付番号	5 0 3 0 2 0 4 2 8 0 7
書類名	特許願
担当官	田丸 三喜男 9 0 7 9
作成日	平成 1 5 年 1 2 月 1 2 日

< 認定情報・付加情報 >

【提出日】 平成 1 5 年 1 2 月 1 1 日

特願 2 0 0 3 - 4 1 3 5 1 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [8 0 1 0 0 0 0 7 2]

1. 変更年月日	2 0 0 3 年 1 1 月 7 日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都小金井市中町二丁目 2 4 番 1 6 号
氏 名	農工大ティー・エル・オー株式会社